



JAK ZBUDOWAĆ SYSTEM GROMADZENIA POMIARÓW I MONITOROWANIA?

Michał Iwaniec, StatSoft Polska Sp. z o.o.

Wstęp

Projekty informatyczne, które wdrażane są w przedsiębiorstwie produkcyjnym wymagają odpowiedniego zaplanowania, aby zminimalizować ryzyko dezorganizacji pracy. W poniższym artykule zostanie omówiony przepis na budowę systemu do statystycznego sterowania procesami (SPC – *Statistical Process Control*) w oparciu o doświadczenia firmy StatSoft Polska zebrane podczas wdrażania tego typu systemów.

W artykule omówionych zostanie kilka kluczowych zagadnień, które są związane z tym problemem. Pierwszym i podstawowym pytaniem jest: jak zbudować zintegrowany system do sterowania jakością? Dlaczego jest to takie ważne? Otóż wiele zakładów produkcyjnych posiada systemy do zbierania danych, ich przechowywania oraz analizowania. Pomijając fakt, czy poszczególne elementy działają efektywnie, bardzo często zdarza się, że nie są one ze sobą zintegrowane. Przyczyn braku integracji może być kilka. Może to wynikać np. z faktu, że dane gromadzone są w formie papierowej, analizowane po przepisaniu do komputera, natomiast raporty jakościowe dla zarządu przedstawiane są w jeszcze innej formie. Przez to droga, jaką musi pokonać informacja, wędrując przez przedsiębiorstwo jest trudna i pełna miejsc, w których informacja ta może zostać zniekształcona. Przetwarzanie danych w takim systemie jest czasochłonne i często generuje nieprzewidziane koszty, związane np. z utratą danych.

Kolejnym problemem jest zaprojektowanie i zbudowanie wszystkich elementów systemu tak, aby każdy z nich działał efektywnie oraz niezawodnie. Poniżej zostaną omówione poszczególne elementy systemu.

Schemat bazy danych

Pierwszym krokiem podczas tworzenia systemu do zbierania danych i monitorowania (w domyśle w celu stosowania metod SPC) jest stworzenie schematu bazy danych. Oczywiście, aby w ogóle taki schemat stworzyć, użytkownik musi zdecydować się na odpowiedni system bazodanowy. Wybór takiego systemu zależy głównie od skali całego przedsięwzięcia. Jeżeli system będzie niewielki, prawdopodobnie wystarczy np. baza



MS Access, niemniej w rozwiązaniach przeznaczonych dla przedsiębiorstw lepiej sprawdzą się bardziej wydajne systemy, takie jak: *SQL Anywhere Studio* firmy Sybase, *MS SQL Server*, czy też *Oracle*. Warto zwrócić uwagę na fakt, że o tym, czy system można uznać za duży lub za mały, decydują dwa główne czynniki: liczba użytkowników korzystających z systemu oraz ilość danych, które system będzie musiał pomieścić (ile danych będzie zbieranych oraz jaka jest częstotliwość ich pobierania). Etap projektowania i tworzenia bazy danych jest kluczowym dla całego procesu wdrażania zintegrowanego systemu SPC. Zanim zostanie on zakończony zespołowi, który tworzy system, musi zostać przekazana odpowiednia wiedza o procesach produkcyjnych, ich właściwościach (charakterystykach), które mają być monitorowane, specyfikacjach dla właściwości, jak również oczekiwań wobec systemu jakości. Wszystkie kluczowe informacje dotyczące systemu będą mieć większe lub mniejsze odzwierciedlenie w strukturze bazy danych. Schemat bazy danych jest w zasadzie ogólny dla wszystkich problemów produkcyjnych, niemniej jednak musi zostać dostosowany do specyfiki danej produkcji. Dobrze i elastycznie zaprojektowana baza danych gwarantuje, że nie trzeba będzie dokonywać zmian podczas wdrażania kolejnych elementów systemu. Na tym etapie powinny zostać również uwzględnione scenariusze, które mogą mieć miejsce w przyszłości, takie jak np. dodanie w zakładzie nowych linii produkcyjnych.

Załóżmy, że mamy do czynienia z najprostszym rodzajem produkcji, z punktu widzenia monitorowania procesu. Na kilku liniach produkowane są elementy z metalu. Elementy te mogą być różnych typów, każdy typ może występować w kilku rozmiarach oraz może być wykonywany z różnego rodzaju materiałów. Każdy z elementów jest produkowany na potrzeby firm zewnętrznych, w związku z czym ważne jest, aby elementy te spełniały narzucone specyfikacje dla różnych parametrów tychże produktów. Aby móc odpowiednio monitorować jakość produkowanych elementów, wykonywanych jest kilka pomiarów, takich jak: wymiary elementu, jego waga, czy też grubość lakieru; innymi słowy na każdej z linii znajduje się kilka urządzeń pomiarowych. Dla użytkownika systemu ważne jest również, aby identyfikować operatorów, którzy wprowadzają dane do systemu, dzięki czemu można potem rozdzielić dane zebrane przez różnych pracowników (ma to duże znaczenie np. podczas analizy systemów pomiarowych).

Schemat bazy danych powinien uwzględniać wszystkie powyższe założenia. Utworzona zostanie baza typu produkcyjnego, w związku z czym jej najważniejszą tabelą, która będzie stanowić centrum logiki tego schematu, będzie tabela zawierająca pomiary zbierane na linii produkcyjnej. Można do problemu podejść w prosty sposób, niewymagający większego nakładu pracy, tzn. można by stworzyć pojedynczą tabelę, gdzie w kolejnych kolumnach zawarte będą wszystkie informacje. Czyli w naszym przypadku możemy wyobrazić sobie tabelę, w której znajdować się będą: data, wartości pomiarów kolejnych właściwości, rodzaj wyrobu, rozmiar wyrobu, materiał, linia, operator, numer serii, specyfikacje oraz pola zawierające: przyczyny, działania, komentarze oraz uwzględnienia (których funkcja zostanie opisana dalej). Jak można się domyślać, tabela w tej formie będzie bardzo szybko zwiększać swoje rozmiary, choćby ze względu na fakt, że niesie bardzo dużą ilość zbędnej informacji. Tabela w większości rekordów zawierać będzie wiele pustych komórek, a ponadto przy dużej liczbie produktów, w pewnym momencie użytkownicy przestaną



panować nad informacją zawartą w jednej gigantycznej tabeli. Rozwiązaniem tych problemów będzie stworzenie kilku tabel, które będą ze sobą powiązane logicznymi relacjami. Dla naszego przykładu powinny zostać stworzone następujące tabele zawierające informacje o: produktach, użytkownikach, liniach, etykietach (przyczyny działania, komentarze, uwzględnienia), pomiarach produkcyjnych. Tabela zawierająca pomiary nadal będzie największa, ale będzie zawierać minimum informacji. Będzie zawierać głównie informacje, które się nie powtarzają, czyli np. data czy wartości pomiarów, natomiast informacje dodatkowe przechowywane są w pozostałych tabelach i chcąc uzyskać szczegółowe informacje, należy odwołać się do nich poprzez odpowiednią relację do innej tabeli. W takim rozwiązaniu dużo łatwiej jest zarządzać produktami np. dodać nowy produkt, gdyż wszystkie potrzebne informacje znajdują się w oddzielnej tabeli.

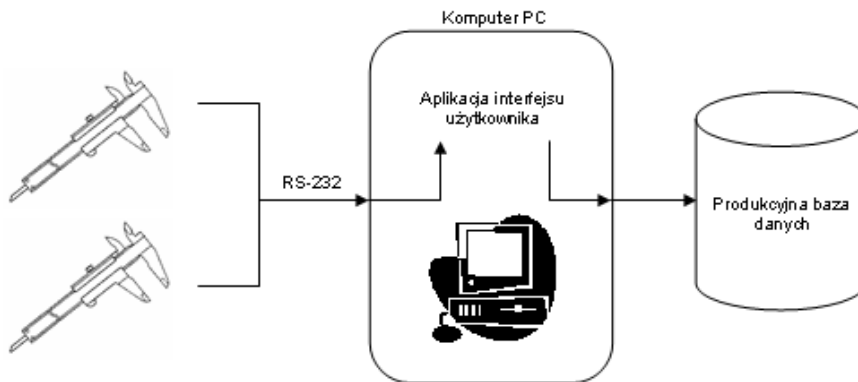
Pomiary i wprowadzanie danych

Jeżeli został stworzony odpowiedni schemat bazy danych, można przystąpić do części systemu odpowiedzialnej za pomiary. O ile poprzedni etap był zagadnieniem informatycznym i wiązał się raczej z logiką powstającego systemu, to stworzenie odpowiedniego systemu pomiarowego, który będzie działał niezawodnie, związane jest już z samym zagadnieniem sterowania jakością. Sterowanie jakością opiera się na realnych danych i od tego, jakiej one będą jakości, zależy skuteczne wykrywanie rozregulowań procesu. Naturalną cechą zjawisk w przyrodzie, a w szczególności procesów produkcyjnych, jest zmienność. Będziemy chcieli kontrolować zmienność tych procesów np. na kartach kontrolnych, ale aby było to skuteczne, zmienność pochodząca od systemów pomiarowych powinna być odpowiednio mniejsza, tak aby narzędzia statystyczne reagowały na rozregulowania procesów, a nie systemów pomiarowych.

Etap ten składa się zazwyczaj z dwóch części: zidentyfikowania i podłączenia urządzeń pomiarowych oraz stworzenia interfejsu do wprowadzania danych dla operatorów. Dane z urządzeń pomiarowych można wprowadzać ręcznie (z klawiatury) lub też automatycznie wprost z urządzenia pomiarowego do komputera. Wprowadzanie pomiarów w sposób automatyczny ma dużą przewagę nad wprowadzaniem ręcznym: po pierwsze jest szybsze, a co za tym idzie tańsze, i po drugie eliminuje możliwość popełnienia „literówki” przez operatora. Podczas wstępnego rozpoznawania wymagań dla systemu pomiarowego warto zwrócić uwagę na sprzęt pomiarowy, tak aby miał on możliwość przesłania pomiaru do komputera PC. Najczęściej używanym standardem podłączenia jest interfejs *RS-232* czy też *Opto-RS* dla mierników, których gabaryty nie umożliwiają zaprojektowania standardowego łącza. Sygnał z miernika (zawierający wartość pomiaru) przesyłany jest do portu szeregowego komputera gdzie musi zostać przechwycony przez odpowiednie oprogramowanie. Oprogramowaniem tym zazwyczaj będzie specjalnie stworzony interfejs dla operatorów do wprowadzania danych. Interfejs taki (aplikacja Windows) w zasadzie musi zostać dopasowany do potrzeb każdego użytkownika i trudno tutaj mówić o jakimś standardzie. Wiąże się to ściśle ze specyfiką danej produkcji, tzn. przede wszystkim z ilością zbieranych pomiarów oraz sposobem ich wprowadzania. Dla interfejsu ważne jest, aby został on zaprojektowany w sposób, który pozwoli dokonać pomiarów w jak



najkrótszym czasie i w jak najbardziej niezawodny sposób. Użytkownicy systemów do SPC często podkreślają, że głównym zadaniem operatora jest nadzór nad poprawnym działaniem linii produkcyjnej, a samo SPC jest w zasadzie działaniem ubocznym. W domyśle zakładamy, że proces przez większość czasu będzie działał poprawnie i nie będzie z nim problemów – będzie stabilny w sensie statystycznym. W zasadzie monitorowanie procesu na bieżąco stanowi pewne tło działań operatora. Staje się ono kluczowe w niewielu momentach, kiedy proces zaczyna się z pewnych przyczyn rozregulowywać. Wtedy system SPC wychodzi na pierwszy plan, informując o tej sytuacji operatora, dzięki czemu jest on w stanie odpowiednio szybko zareagować na problem, zanim linię produkcyjną zaczną opuszczać elementy niespełniające specyfikacji. Po zażegnaniu problemu system SPC znowu odsuwa się w cień, czuwając cały czas nad jakością procesu.



Rys. 1. Przepływ danych na poziomie operatora

Interfejs, który operator widzi na monitorze komputera, stanowi łącznik pomiędzy urządzeniem pomiarowym a bazą danych. Pobrany z linii produkcyjnej element jest mierzony przez operatora, a wynik pomiaru poprzez port komputera jest pobierany przez interfejs użytkownika. Następnie po zatwierdzeniu wartości lub w sposób automatyczny interfejs przesyła pomiar do bazy danych, dbając o to, aby został on opatrzony odpowiednimi etykietami, które pozwolą na jego późniejszą identyfikację. W celu wykrycia grubych błędów czy też awarii systemów pomiarowych dla danego produktu i jego cechy można zdefiniować tzw. rozsądne granice. Jeżeli będzie mierzona przykładowo waga danego elementu, wtedy z pewnością błędnym pomiarem będzie ujemna wartość wagi. W takim przypadku operator zostanie poinformowany o tym fakcie i może np. szybko ustawić nową wartość zerową dla wagi (jeżeli to było przyczyną błędnego odczytu). Błędny wynik pomiaru powinien mimo wszystko zostać zapisany w bazie danych, niemniej powinien również zostać opatrzony odpowiednią etykietą podającą przyczynę takiego zdarzenia. Co jakiś czas tego typu zdarzenia powinny być analizowane przez inżyniera. W wyniku analizy może okazać się, że jeden z operatorów nie radzi sobie z konkretnym urządzeniem pomiarowym i wymaga przeszkolenia.



Warto zauważyć, że interfejs do wprowadzania danych nie tylko przesyła dane do bazy, ale także pobiera pewien zestaw informacji, które są w niej zawarte. Mogą to być definicje połączenia z komputerem dla poszczególnych urządzeń pomiarowych, czy też granice rozsądnych wartości dla poszczególnych właściwości aktualnie produkowanego wyrobu.

Kolejnym elementem systemu, który nie służy do bezpośredniego wprowadzania pomiarów, niemniej jest równie ważny, jest interfejs, który pozwoli np. na zmiany specyfikacji zawartych w bazie danych. Zazwyczaj z narzędzia tego korzystał będzie inżynier, w przypadku kiedy zaistnieje potrzeba dodania nowego produktu, dodania nowej linii produkcyjnej czy też wprowadzenia jakichkolwiek innych globalnych zmian.

Mówiąc o zbieraniu danych trudno nie wspomnieć o automatycznych systemach akwizycji danych. Coraz częściej spotykane są urządzenia pomiarowe instalowane na linii produkcyjnej, lub nawet same urządzenia produkcyjne mają możliwość wykonywania i przesyłania pomiarów w trakcie trwania produkcji. Wtedy zazwyczaj do bazy danych wędruje duża ilość pomiarów, co pozwala bardzo dokładnie monitorować proces. Do grupy pomiarów automatycznych można również zaliczyć przypadek, gdy pomiar dokonywany jest na skomplikowanym urządzeniu, które generuje dużą ilość danych w postaci np. plików tekstowych lub plików *MS Excel* i nie ma (z różnych przyczyn) możliwości przesłania danych bezpośrednio do bazy. Jedną z przyczyn może być duży stopień komplikacji generowanych przez takie urządzenie wyników. W takim przypadku dobrym rozwiązaniem jest stworzenie dodatkowego interfejsu pozwalającego na automatyczne przenoszenie zawartości plików do bazy. Zwróćmy uwagę, że w przeciwnym przypadku integracja takiego urządzenia z całym systemem byłaby bardzo trudna, gdyż trudno sobie wyobrazić inny sposób przenoszenia takich danych.

Monitorowanie i analizowanie procesów

Podstawową funkcją systemu SPC jest monitorowanie na bieżąco jakości procesu. Aby było to możliwe, zwłaszcza w dużych zakładach, niezbędne są elementy opisane w poprzednich rozdziałach: stworzenie centralnej bazy danych oraz systemu do wprowadzania tychże danych. System do wprowadzania danych ma za zadanie szybkie i niezawodne mierzenie właściwości produktów, natomiast odpowiednio skonstruowany system bazodanowy zapewnia integralność danych w systemie sterowania jakością, który zazwyczaj jest systemem rozproszonym. W zagadnieniu sterowania jakością można wyróżnić dwie główne warstwy: niższą, znajdującą się na poziomie procesów produkcyjnych, oraz wyższą, znajdującą się na poziomie inżynierów jakości. Warstwa niższa jest związana z rutynowym monitorowaniem procesu na bieżąco. Ważne jest tutaj, aby system działał w czasie rzeczywistym. Oznacza to, że potencjalne problemy z procesem produkcyjnym powinny być wykrywane odpowiednio wcześniej – zanim wyprodukowane elementy nie będą spełniać specyfikacji. Dla różnych procesów pojęcie czasu rzeczywistego będzie inne. Najprościej można powiedzieć, że system powinien reagować odpowiednio szybko, niezależnie od tego, czy dany produkt schodzi z linii produkcyjnej co 1/10 sekundy czy co 10 minut. To, czy system będzie w stanie zareagować odpowiednio szybko, zależy przede



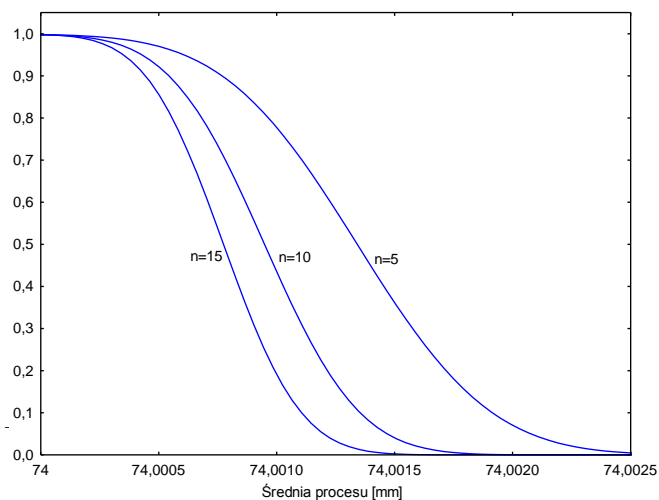
wszystkim od liczby pobieranych do kontroli elementów oraz od częstotliwości poboru próbki. Decyzja o doborze odpowiednich parametrów jest dla danego procesu produkcyjnego kluczowa i zawsze jest wynikiem pewnego kompromisu. Zwróćmy uwagę na samą ideę statystycznego sterowania procesem. Technika ta stanowi kompromis pomiędzy ryzykiem wyprodukowania towaru nie spełniającego wymagań klienta a często kosztowną kontrolą wszystkich wyprodukowanych elementów. Na pierwszy rzut oka mogło by się wydawać, że 100% kontrola wszystkich wyrobów jest najlepszym rozwiązaniem. W praktyce okazuje się jednak, zwłaszcza przy produkcji masowej, że nie można jej zastosować, np. z tego względu, że nie ma fizycznej możliwości, żeby sprawdzić wszystkie wyprodukowane elementy, czy też koszt ich sprawdzania przewyższy ich wartość, lub produkt podczas wykonywania pomiarów ulega uszkodzeniu lub zniszczeniu. Ponadto, co wielokrotnie zostało potwierdzone w praktyce, sprawdzenie wszystkich elementów jest bardzo często niedokładne głównie ze względu na ograniczoną percepcję osób, które dokonują sprawdzenia. Dlatego też w wielu przypadkach najlepszym rozwiązaniem dla zapewnienia odpowiedniej jakości produktu końcowego jest właśnie statystyczne sterowanie procesem. Dzięki zastosowaniu metod statystycznych jesteśmy w stanie ocenić, na podstawie tylko niewielkiego podzbioru całej populacji, czy produkty spełniają stawiane im wymagania. Oczywiście stosowanie metod statystycznych daje odpowiedź na pytanie, z jakim prawdopodobieństwem dana sztuka produktu jest w stanie spełnić specyfikację, i nawet jeżeli prawdopodobieństwo to jest duże, zawsze można spodziewać się, że pewna część produkcji nie będzie spełniać narzuconych specyfikacji. Najczęściej to inżynier decyduje o tym, jakie ma być prawdopodobieństwo, że linię produkcyjną będą opuszczać wyroby dobrej jakości. W tym celu, tak jak wspomniano wyżej, posłuży się on odpowiednim doborem dwóch parametrów: wielkości próbki i częstotliwości poboru próbki. Przy czym, im próbka będzie większa i im częściej będzie pobierana, tym większe jest prawdopodobieństwo tego, że odpowiednio wcześniej zostaną wykryte zmiany w procesie, które mogą spowodować obniżenie jakości. Sytuacja ta jest przedstawiona na wykresie poniżej (rys. 2), który przedstawia przykładowe krzywe operacyjno-charakterystyczne dla różnych licznosci próbek, które obrazują, jak zmienia się prawdopodobieństwo niewykrycia przesunięcia wartości średniej procesu o daną wartość.

Z drugiej strony jednak nikogo nie trzeba przekonywać, że dokonywanie pomiarów kosztuje i, tak jak wspomniano wyżej, w pewnym sensie dezorganizuje pracę operatora na linii. Sposobem na odpowiedni dobór wielkości próbki jest metoda oparta na średniej długość serii (*average run length* - ARL) [1]. Zgodnie z zasadą działania karty kontrolnej ARL jest średnią ilością punktów na karcie, zanim zostanie wykryte rozregulowanie. Dla tradycyjnej karty kontrolnej Shewharta ARL można podać wzorem:

$$ARL = \frac{1}{p}$$

gdzie p jest prawdopodobieństwem, że któryś z punktów na karcie kontrolnej przekroczy granice kontrolne. Dla karty kontrolnej, gdzie linią centralną jest wartość średnia natomiast granice kontrolne znajdują się w odległości $\pm 3 - \sigma$ od wartości średniej, wartość powyższego prawdopodobieństwa wynosi 0,0027. Zwróćmy uwagę, że wartość tę można

by odczytać z powyższego wykresu, gdyby został przedstawiony w innej skali. Linie narysowane dla różnych licznosci próbek mają jeden punkt wspólny dla wartości 74, a wartość odczytana na osi y wynosi wtedy 0,9973. W związku z tym średnia długość partii dla przypadku, kiedy proces jest stabilny (nie ma przesunięcia średniej) wynosi $ARL_0 = 370$. Oznacza to, że nawet jeżeli proces jest stabilny, średnio co 370 punkt na karcie kontrolnej będzie wskazywał na rozregulowanie procesu. Należy pogodzić się z faktem, że karta kontrolna właśnie tak działa, i należy założyć, że w przypadku kiedy rozregulowania występują częściej, na proces mogą wpływać nielosowe czynniki.



Rys. 2. Krzywe OC dla różnych licznosci próbek

Jeżeli próbki pobierane są co stały okres czasu h , możliwe jest obliczenie średniego czasu do wystąpienia sygnału o rozregulowaniu (*average time to signal* - ATS)

$$ATS = ARLh$$

Zobaczmy teraz, jak karta kontrolna wykrywa przesunięcia średniej. Załóżmy, że pobierana jest 5-elementowa próbka z procesu, którego wartość nominalna rozważanej właściwości wynosi 74 [mm], i uznajemy, że proces nie jest ustabilizowany, jeżeli jego średnia przesuwa się do wartości 74,015 [mm]. Z krzywej operacyjno-charakterystycznej otrzymujemy, że dla próbki 5-elementowej prawdopodobieństwo wykrycia takiego przesunięcia wynosi w przybliżeniu 0,5. W związku z tym ARL związany z rozregulowaniem procesu (ARL_1) będzie wynosił 2. Oznacza to, że karta kontrolna będzie potrzebować średnio 2 próbek, aby wykryć rozregulowanie. Jeżeli więc próbki są pobierane co godzinę, wtedy rozregulowanie zostanie wykryte średnio po 1, 2 godzinach. Teraz należy przeprowadzić analizę kosztów: ile kosztują nas pomiary, a ile ewentualne koszty związane z faktem, że linia średnio przez 2 godziny będzie generować produkty o przesuniętej średniej.

W ten sposób wyznaczane są parametry dla monitorowania procesu produkcyjnego na bieżąco. Tylko od inżyniera odpowiedzialnego za jakość będzie zależało, czy monitorowanie



procesu będzie działać efektywnie i czy będzie dawać maksimum korzyści przy minimalnych kosztach. Operatorzy na liniach produkcyjnych będą jedynie używać zaprojektowanych przez inżyniera narzędzi.

Sytuacja przedsiębiorstw produkcyjnych w ostatnich latach bardzo się zmieniła ze względu na fakt, że urządzenia pomiarowe stają się coraz bardziej dostępne i coraz częściej pomiary dokonywane są wprost na linii produkcyjnej i mierzony jest każdy element. W takim przypadku dane spływają do bazy danych bez ingerencji operatora i stamtąd mogą zostać automatycznie pobrane do monitorowania oraz analiz.

Kolejnym ważnym elementem dla efektywnego monitorowania procesu jest stworzenie pewnego schematu działań, który pozwoli na automatyczne radzenie sobie z problemami produkcyjnymi. Ogólnie przyjętą oraz wydajną metodą jest stosowanie etykiet dla pomiarów. Etykiety można podzielić na kilka funkcjonalnych grup: przyczyny, działania, komentarze, uwzględnienia. W przypadku kiedy na karcie kontrolnej wystąpi sygnał o rozregulowaniu, operator powinien zostać o tym fakcie powiadomiony, lub mówiąc dokładniej, powinny zostać na nim wymuszone pewne działania. Standardowo po wystąpieniu sygnału o rozregulowaniu operator może zostać automatycznie poproszony o podanie przyczyny takiego stanu rzeczy. Preferowanym przez inżynierów sposobem jest stworzenie szablonu gotowych odpowiedzi, z których operator musi wybrać jedną odpowiadającą zaistniałej sytuacji. Ponadto rozwiązanie takie zapewnia spójność danych związanych z pomiarami i przyspiesza pracę operatora. Po podaniu przyczyny operator zostaje poproszony o podanie działania, jakie zostało podjęte, aby wyeliminować zagrożenie. Również w tym przypadku można stworzyć listę standardowych działań dla danej linii produkcyjnej. Po wystąpieniu sygnału o rozregulowaniu dana próbka zostaje opatrzona przez operatora odpowiednimi etykietami, które zostaną zapisane w bazie danych. Sygnały o rozregulowaniu pozostają na karcie kontrolnej. Po opanowaniu sytuacji, kiedy jej przyczyna była znana, taka próbka lub próbki mogą zostać usunięte z karty kontrolnej przez uprawnioną do tego osobę, np. inżyniera jakości. Próbka taka może być tylko wyświetlana na karcie kontrolnej, ale nie brana do obliczeń, np. do wyliczania parametrów karty kontrolnej. Może zostać również całkowicie usunięta z karty. Nie zostaje jednak usunięta z bazy danych, gdzie pozostaje z odpowiednią etykietą uwzględnienia, która to może zostać wykorzystana na karcie kontrolnej. Dla każdej próbki powinna istnieć również możliwość dodania komentarza. Przykładowo komentarzem można oznaczać próbki, które zostały pobrane po standardowej wymianie elementu w maszynie produkcyjnej. Spowoduje to, że karta kontrolna będzie stanowić pełny obraz procesu produkcyjnego, co ułatwi operatorom sterowanie.

Oprócz monitorowania procesów na bieżąco, można również wyróżnić monitorowanie na poziomie inżynierskim. Dane zebrane w bazie służą przede wszystkim do rutynowego sterowania procesem (sterowanie na najniższym poziomie), niemniej nic nie stoi na przeszkodzie, aby dane te zostały wykorzystane do sterowania w sensie bardziej ogólnym. Podczas standardowego sterowania procesem na karcie kontrolnej znajduje się zazwyczaj tylko kilkadziesiąt pomiarów. Karta kontrolna jest zatem pewną „migawką” aktualnej sytuacji procesu. Inżynier jakości poza linią produkcyjną ma możliwość przyglądnięcia się procesowi w dłuższej perspektywie, jest w stanie ocenić długoterminową jakość procesu.



Sterowanie procesem nie polega jedynie na kontroli, ale również na poszukiwaniu innowacji, bodźców, które pozwolą usprawnić go niejako od podstaw. Takie działania nazywamy sterowaniem długookresowym. Przykładowo, produkcja elementu zależy od odpowiedniego ustawienia maszyny. W dłuższym okresie czasu inżynier, analizując wartości pomiarów zebrane przez różnych operatorów, stwierdził, że wyniki operatora C różnią się w sensie statystycznym od wyników operatorów A i B. Jeżeli operator C uzyskuje lepsze wyniki to, być może jego sposób ustawiania maszyny jest lepszy i być może warto tę wiedzę przekazać pozostałym.

Raportowanie

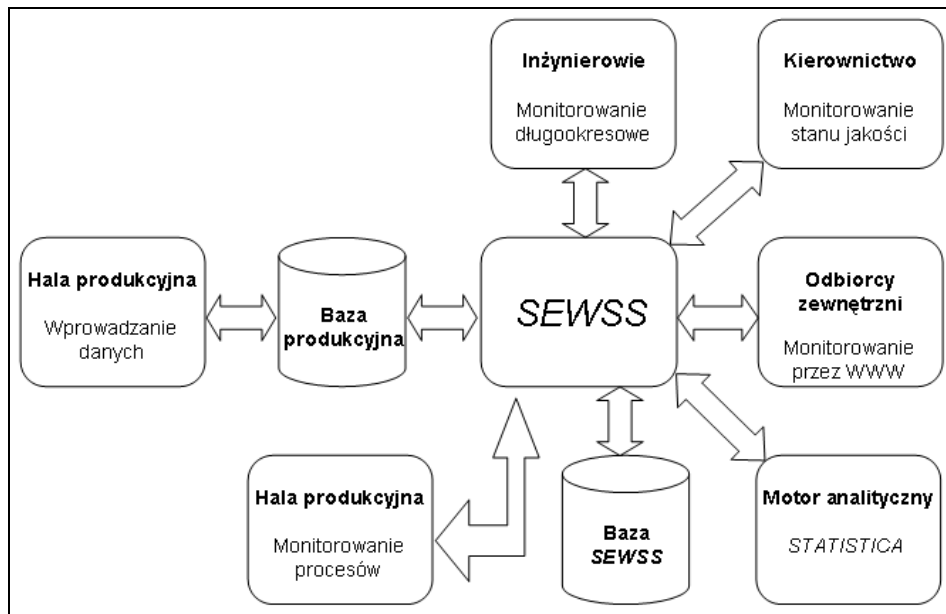
Osoby, które pełnią rolę inżynierów jakości w systemie SPC, stanowią grupę łączącą halę produkcyjną z zarządem firmy w sprawach jakościowych. O ile operatorzy zajmują się monitorowaniem procesu na bieżąco, a inżynierowie zajmują się analizowaniem danych procesowych w dłuższej perspektywie, to zarząd zainteresowany jest otrzymaniem prostych i zwięzłych podsumowań jakościowych. Naturalne jest, że ludzie ze szczebla zarządu przedsiębiorstwa nie są w stanie wniknąć głęboko w SPC, choćby ze względu na ograniczenia czasowe. Zintegrowany system do sterowania jakością powinien zawierać również pewne automatyczne elementy, które pozwolą na globalne monitorowanie procesu przez osoby z wyższego szczebla zarządzania. Zazwyczaj rozwiązywane jest to za pomocą automatycznych analiz, których wynikiem są wykresy, podsumowania oraz zestawienia jakościowe dla odpowiednich zakresów czasu, które mogą zostać zdefiniowane interaktywnie przez użytkownika. Pozwala to na szybki i bezpośredni wgląd w bieżącą jakość procesu w oparciu o aktualne dane, czy też np. szybkiego porównania jakości z bieżącego miesiąca z danymi z poprzednich miesięcy. Co prawda szablony analiz i podsumowań muszą zostać stworzone przez inżynierów tak, aby spełniały oczekiwania osób, które będą z nich korzystać. Jednak po stworzeniu początkowego zestawu takich szablonów, są one używane wielokrotnie i wymagają zazwyczaj niewielkich zmian w celu dostosowania do zmieniających się warunków.

Oprócz pracowników wyższego szczebla można wyróżnić jeszcze jeden poziom. Prawdopodobnie najbardziej ogólny sposób monitorowania jakości procesów może być przeznaczony dla klientów danej firmy. Można to uzyskać poprzez zastosowanie interfejsu opartego na technologii stron internetowych. Podobnie jak w przypadku pracowników wyższego szczebla istnieje możliwość stworzenia szablonów analiz, które będą dostępne przez Internet dla uprawnionych użytkowników. Analizy mogą być automatycznie aktualizowane co pewien okres czasu, w oparciu o świeżo zebrane dane. Rozwiązanie takie można nazwać „audytem *on-line*”, gdyż klient może mieć cały czas wgląd w stan jakości interesujących go procesów produkcyjnych dostawcy.

Tak więc monitorowanie procesu nie powinno sprowadzać się tylko do najniższego poziomu, poziomu linii produkcyjnej, dużo bardziej wydajne jest rozpowszechnienie tej metody na wszystkich szczeblach przedsiębiorstwa. Takie podejście wspiera między innymi strategia *Six sigma*.

Przepływ informacji w systemie

Temat ten był już częściowo poruszany wcześniej, podczas opisu różnych elementów systemu. Niemniej jest to jedno z najważniejszych zagadnień ze względu na fakt, że w przypadku braku integracji, nawet jeżeli system posiada wszystkie elementy, będzie działał nieefektywnie. Poniżej znajduje się rysunek, który przedstawia standardowe elementy takiego systemu oraz drogi przepływu informacji.



Rys. 3. Schemat przepływu informacji w zintegrowanym systemie SPC

Centralnym punktem każdego systemu jest baza lub bazy danych. W przypadku systemu *SEWSS* (*STATISTICA Enterprise-Wide SPC System*) będziemy mieć do czynienia zazwyczaj z dwoma bazami danych. Pierwszą z nich będzie baza *SEWSS*, zawierająca metadane dotyczące struktury systemu, użytkowników czy też definicje szablonów raportów (zawiera pewne standardowe informacje, które nie zależą od specyfiki produkcji). Druga baza danych jest stworzona na potrzeby konkretnego zakładu produkcyjnego i sposób jej tworzenia został opisany we wcześniejszym rozdziale (będzie ona nazywana bazą produkcyjną). Baza produkcyjna zawiera surowe informacje o procesie (pomiarzy, specyfikacje), natomiast baza *SEWSS* stoi wyżej w sensie logicznym i może zawierać między innymi definicje zapytań do bazy produkcyjnej. Dzięki temu, że wszystkie informacje przechowywane są w bazach danych, łatwo jest nimi zarządzać i zapewnia to duże bezpieczeństwo danych. Ponadto system *SEWSS* zapewnia narzędzia do zarządzania użytkownikami, przez co łatwo można ustalić rolę każdego z nich w systemie. System *SEWSS* jest elementem, który scala pracę szeroko rozumianego systemu SPC. Wykorzystując informacje zawarte w bazie, *SEWSS* wykonuje zapytania do bazy produkcyjnej, i poprzez użycie *STATISTICA* jako motoru analitycznego, pozwala na monitorowanie procesu na bieżąco, przy użyciu kart



kontrolnych lub na uruchomienie innych analiz, które używane są przez pracowników wyższego szczebla. Pomijając kwestię wprowadzania danych, *SEWSS* organizuje pracę całego systemu. Samo wprowadzanie danych jest realizowane za pomocą interfejsu dostosowanego do indywidualnych potrzeb. Można powiedzieć, że częścią wspólną *SEWSS* oraz interfejsu do wprowadzania danych jest baza produkcyjna, z tym że interfejs do wprowadzania danych głównie zapisuje dane, natomiast *SEWSS* głównie je czyta w celu późniejszego przetworzenia. Ważną cechą systemu *SEWSS* jest możliwość zapewnienia sprawnego monitorowania przeznaczonego dla operatorów. Oferuje on łatwe do zdefiniowania szablony kart kontrolnych, dzięki którym inżynier może szybko stworzyć monitory dla operatorów, które będą automatycznie reagować, zarówno na pojawienie się nowych danych w bazie, jak i na sygnały o rozregulowaniu.

Podsumowanie

W powyższym artykule opisane zostały poszczególne składniki, z których powinien składać się system do monitorowania jakości produkcji w oparciu o dane zbierane na halach produkcyjnych. W celu sprawnego wdrożenia systemu, wszystkie działania powinny zostać wcześniej zaplanowane i przeprowadzane w odpowiedniej kolejności. W czasie prac nad systemem ważna jest współpraca pomiędzy osobami, które będą się nim posługiwać, w celu dokładnego sprecyzowania wymagań wobec systemu i ustalenia harmonogramu działań. Wdrożenie systemu SPC zazwyczaj oparte będzie o działający wcześniej system jakości, co powoduje, że jest już skryształizowana pewna wizja docelowego systemu. Ponadto przetestowane zostały już pewne scenariusze i przyszli użytkownicy znają większość krytycznych punktów systemu, na które powinno się zwrócić uwagę w pierwszej kolejności. Pomimo tego, że wdrożenie zostało szczegółowo zaplanowane, zawsze mogą wystąpić nieprzewidziane problemy. Dlatego dobrze jest wdrożenie przeprowadzać etapami. Przykładowo jeżeli system ma docelowo monitorować kilka linii produkcyjnych, to w pierwszym etapie można go wprowadzić tylko na jednej linii. Po sprawdzeniu jego działania i przeszkoleniu operatorów system może być wdrażany na pozostałych liniach. Harmonogram wdrażania poszczególnych elementów systemu powinien pozwalać na natychmiastową integrację wdrożonego elementu z już istniejącą częścią systemu. Poprzez zapewnienie natychmiastowego przepływu informacji użytkownicy szybciej przekonują się do zmian i wdrażają się do pracy. Na zakończenie jeszcze raz należałoby podkreślić, jak ważna jest integracja poszczególnych składników systemu. Brak integracji oznacza brak przepływu informacji, to natomiast powoduje trudności w rozwiązywaniu problemów związanych z jakością, a w efekcie obniżenie konkurencyjności. Podsumowując, można powiedzieć, że integracja jest kluczem do sukcesu.

Literatura

1. Douglas C. Montgomery, „Introduction to statistical quality control”, Third edition, John Wiley & Sons, Inc., 1997.